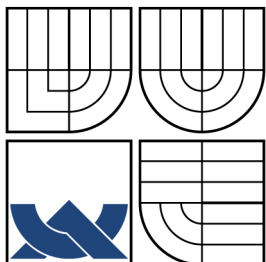
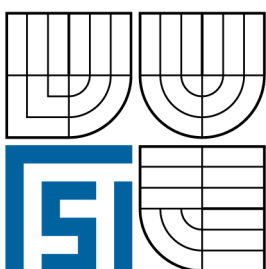


BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

TYPY NÁPRAV OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

THE SUSPENSION TYPES OF PASSENGER CARS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JIRÍ SEDLÁŘ

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

BRNO 2007

Ing. PETR PORTEŠ, Dr.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Sedlář Jiří

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Typy náprav osobních automobilů

v anglickém jazyce:

The suspension types of passenger Cars

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracujte přehled typů náprav používaných u současných osobních automobilů. Uveďte značku a typ vozů, které používají jednotlivé typy náprav.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je vypracovat přehled typů náprav používaných u současných osobních automobilů.

Seznam odborné literatury:

VLK,F. Podvozky motorových vozidel vozidel. 3. vyd. Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2006.

Reimpell,J., Stoll,H., Edward,A. The automotive chassis - engineering principles. Arnold, London 1996. ISBN 0-340-61443-9.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Porteš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 1.11.2007

L.S.



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Anotace:

V této práci je uveden přehled typů náprav, které se používají u současných osobních automobilů. U jednotlivých typů náprav je popsán jejich princip činnosti a je také uveden příklad použití u konkrétního automobilu. V práci jsou uvedeny značky a typy vozů, které používají jednotlivé typy náprav.

Anotation:

In this thesis there is mentioned the overview of types of axles, which are used by the current cars. Their working principle is described for each type of axle and it is also mentioned an example of usage for concrete car. In the thesis are listed marks and types of cars, which use this types of axles.

Klíčová slova:

Náprava, zavěšení kol, přední náprava, zadní náprava, tuhá náprava, výkyvná náprava, hnací náprava, poháněná náprava, Panhardská tyč, Wattův přímovod, Lichoběžníková náprava, vzpěra McPherson, Kliková náprava, Víceprvkové zavěšení

Keywords:

Axle, suspension, foreaxle, back axle, solid axle, motored axle, drive wheels, Panhard rod, Watts linkage, double wishbone axle, McPherson strut, Trailing Arm, Multilink axle

Bibliografická citace:

SEDLÁŘ, J. *Typy náprav osobních automobilů* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Porteš, Dr.

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci, Typy náprav osobních automobilů, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Petra Porteše, Dr. s využitím zdrojů uvedených v seznamu použitých zdrojů a neporušil jsem při tom autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským, ve znění pozdějších předpisů).

V Brně, dne 23.5.2008

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Porteši, Dr. za jeho pomoc a odborné rady při vypracování bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	10
1. Základní rozdělení náprav.....	11
1.1 Rozdělení náprav podle konstrukce	11
1.1.1 Tuhé nápravy (závislé zavěšení).....	11
1.1.2 Výkyvné nápravy (nezávislé zavěšení).....	11
1.2 Rozdělení podle vztahu k pohonu vozidla.....	12
1.2.1 Hnaná náprava.....	12
1.2.2. Hnací náprava.....	12
2. Typy tuhých náprav a příklady použití u současných osobních automobilů.....	13
2.1 Vedení tuhé nápravy listovými pery.....	13
2.2 Vedení tuhé nápravy podélnými rameny a jedním příčným ramenem (Panhardskou tyčí).....	14
2.2.1 Zadní tuhá náprava vozu Ford Mustang.....	14
2.2.2 Náprava Nissan Multilink vedená Scott-Russellovým mechanismem.....	16
2.3 Vedení tuhé nápravy Wattovým přímovodem.....	17
2.3.1 Vedení tuhé nápravy u vozu Lincoln Town Car.....	18
2.3.2 Tuhá parabolická náprava u Mercedesu-Benz B.....	19
2.4 Náprava De-Dion.....	20
2.4.1 Zadní náprava u vozu Smart Fortwo.....	20
3. Typy výkyvných náprav a použití u současných osobních automobilů.....	21
3.1 Lichoběžníková náprava.....	21
3.1.1 Lichoběžníková náprava Mazdy MX-5	22
3.2 Náprava McPherson.....	23
3.2.1 Přední náprava McPherson vozu BMW 645	24
3.3 Kliková náprava.....	25
3.3.1 Kliková zadní náprava se zkrutnou příčkou vozu Škoda Roomster.....	26
3.4 Kyvadlová náprava.....	27
3.5 Kyvadlová úhlová náprava.....	28
3.6 Víceprvková náprava.....	29

3.6.1 Víceprvková zadní náprava Škody Octavia II.....	29
4. Přehled jednotlivých značek a vozů a druhu použitých náprav.....	31
4.1 Kategorie mini vozů.....	31
4.2 Kategorie malých vozů.....	32
4.3 Kategorie nižší střední třídy.....	33
4.4 Kategorie střední třídy.....	33
4.5 Kategorie nejvyšší třídy.....	34
Závěr.....	35
Seznam použitých zdrojů.....	36

Úvod

V bakalářské práci se pojednává o základním rozdělení náprav a o typech náprav používaných u současné automobilové produkce.

Nápravy jsou jednou z částí podvozku automobilů a mají významný vliv na jízdní vlastnosti automobilu. Nesou tíhu vozidla a přenášejí ji na kola. Slouží k přenosu sil a momentů mezi kolem a karoserií. Přenáší svislé síly způsobené zatížením vozidla, podélné síly od hnacích a brzdných sil a příčné síly od odstředivých sil. Dále pak přenáší momenty podélných sil vyvozené od hnacích a brzdných momentů. Nápravy umožňují odpružení vozidla pružinami uloženými mezi nápravami a vozidlem.

Na počátku vývoje automobilu byly používány tuhé nápravy. V třicátých letech 20.století se objevila první nezávislá zavěšení na přední nápravě. Byla tak výrazně snížena neodpružená hmota vozidla a tím se stala jízda automobilem bezpečnější a komfortnější. Po válce se začíná prosazovat nezávislé zavěšení i na zadní nápravě. To převládá u automobilů až do dnešní doby. V osmdesátých letech se objevuje zejména u vozů nejvyšších tříd nezávislé zavěšení kol, které zaručuje automobilu výborné jízdní vlastnosti a komfort. Tento druh zavěšení se začíná používat čím dál tím více i u automobilů nižších tříd.

Hlavním cílem jsou tedy stále lepší jízdní vlastnosti nápravy a co nejvyšší jízdní pohodlí, čehož se snaží jednotlivý výrobci dosáhnout použitím různých druhů náprav o kterých pojednává tato bakalářská práce.

1. Základní rozdělení náprav

Během vývoje automobilu vznikalo spoustu nových druhů náprav. Zde uvádím jejich základní rozdělení dle [1], [2].

1.1 Rozdělení náprav podle konstrukce:

1.1.1 Tuhé nápravy (závislé zavěšení)

Jedná se o nejstarší nápravu a v dnešní době se používá převážně u nákladních automobilů, autobusů, přípojných vozidel, u terénních automobilů a užitkových automobilů. Odpružení nápravy může být provedeno dvojicí listových pružin. V tomto případě mohou pružiny plnit navíc funkci vedení nápravy a upevnění nápravy ke karoserii a zároveň plní funkci tlumení. U tuhých náprav odpružených vinutými pružinami je zajištěno vedení nápravy v bočním a podélném směru následujícími způsoby:

1. podélnými a příčným ramenem (Panhardská tyč)
2. Wattovým přímovodem a podélnými rameny
3. ojnicovým vedením, které je doplněno Panhardskou tyčí nebo Wattovým přímovodem
4. čtyřmi šikmými rameny

Hlavní výhodou těchto náprav je zejména jejich robustnost. Nevýhodou je vzájemná závislost kol na jedné nápravě a velká hmotnost, což zhoršuje jízdní vlastnosti zejména při přejezdu nerovností.

1.1.2 Výkyvné nápravy (nezávislé zavěšení)

U těchto náprav nejsou pohyby pravých a levých kol přímo závislé jako u tuhých náprav. Výkyvné nápravy mají u nepoháněných náprav menší hmotnost neodpružených částí. To má vliv na komfort jízdy automobilu, a proto jsou nezávisle zavěšené nápravy u dnešních osobních automobilů nejrozšířenější.

Druhy výkyvných náprav:

- Lichoběžníková náprava
- Náprava McPherson
- Kyvadlová náprava
- Kyvadlová úhlová náprava
- Kliková náprava
- Víceprvková náprava

1.2 Rozdělení podle vztahu k pohonu vozidla

1.2.1 Hnaná náprava

Hnaná náprava se nazývá také nepoháněná náprava. Účelem této nápravy je přenášet tíhu vozidla.

1.2.2 Hnací náprava

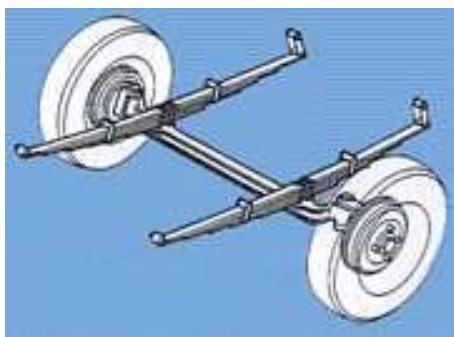
Náprava mimo přenášení tíhy vozidla na vozovku slouží i k přenosu točivého momentu motoru na hnací kola. Hnací nápravou může být náprava přední, zadní nebo všechny. U současných osobních automobilů převládá pohon přední nápravy. Pohon zadní nápravy používají již jen některé modely. Tradičně tuto koncepci používají u většiny svých modelů automobilky BMW a Mercedes-Benz. Pohon všech kol se používá zejména u automobilů typu SUV nebo u terénní kategorie off-road. Na přání však nabízí pohon všech kol mnoho automobilek i pro klasické osobní automobily.

2. Typy tuhých náprav a příklady použití u současných osobních automobilů

U současné automobilové produkce převládá použití nezávislého zavěšení kol. Jsou však i automobily, které mají ve svém programu typy vozů s tuhými nápravami. Nyní budou uvedeny typy používaných náprav.

2.1 Vedení tuhé nápravy listovými pery

Tato náprava se skládá z příčného nosníku, který je upevněn k rámu pomocí dvojice listových pružin. Protože při propružení dochází ke změně vzdáleností mezi závěsnými oky listového pera, je na zadní závěsné oko otočně uchyceno výkyvné raménko, které je svým druhým koncem otočně uchyceno ke karoserii. Jedná-li se o poháněnou nápravu, může dojít ke vzniku torzního kmitání nápravy (tzv. třepetání), kdy dochází ke kmitání tuhé nápravy kolem její osy. Při propružení jednoho kola, může dojít k vybočení nápravy a výrazné nestabilitě automobilu. Na obrázku 2.1 je znázorněna tuhá nepoháněná náprava, která plní funkci vedení nápravy, odpružení i tlumení. U dnešních automobilů plní listové pružiny zpravidla zejména funkci odpružení. Pro vedení nápravy jsou pružiny doplněny například suvnými tyčemi a pro tlumení je použito tlumičů. Toto provedení se v dnešní době u současných osobních automobilů již nepoužívá. Používá se zejména u dodávkových a lehkých užitkových automobilů.



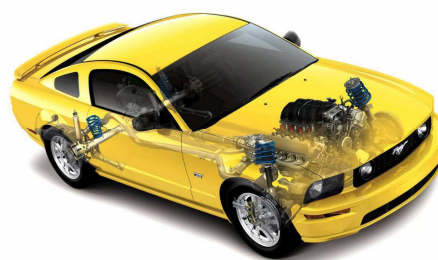
Obr. 2.1 Vedení nápravy listovými pery [4]

2.2 Vedení tuhé nápravy podélnými rameny a jedním příčným ramenem (Panhardskou tyčí)

Tento druh vedení tuhé nápravy se používá u odpružení náprav, které nezaručují vedení nápravy (vinuté pružiny, pneumatické pružiny, apod.). Náprava je vedena v podélném směru suvnými rameny. Ty přenáší podélné síly a momenty. Panhardská tyč je upevněna jedním koncem otočně na nápravě a druhým na rámu. Slouží k vedení nápravy v příčném směru a přenáší boční síly. Při propnutí dochází k příčnému pohybu mezi nápravou a vozidlem, což zhoršuje jízdní vlastnosti. Proto musí být Panhardská tyč co nejdelší a vodorovně uspořádaná, aby docházelo k co nejmenšímu vybočení nápravy při propnutí. Toto provedení vedení tuhé nápravy se používalo dříve zejména u automobilů s klasickou koncepcí a dnes se používá jen výjimečně. Mezi jeho výhody patří jednoduchá a robustní konstrukce. Nevýhodou je velká neodpružená hmota a příčné vybočování nápravy při propnutí.

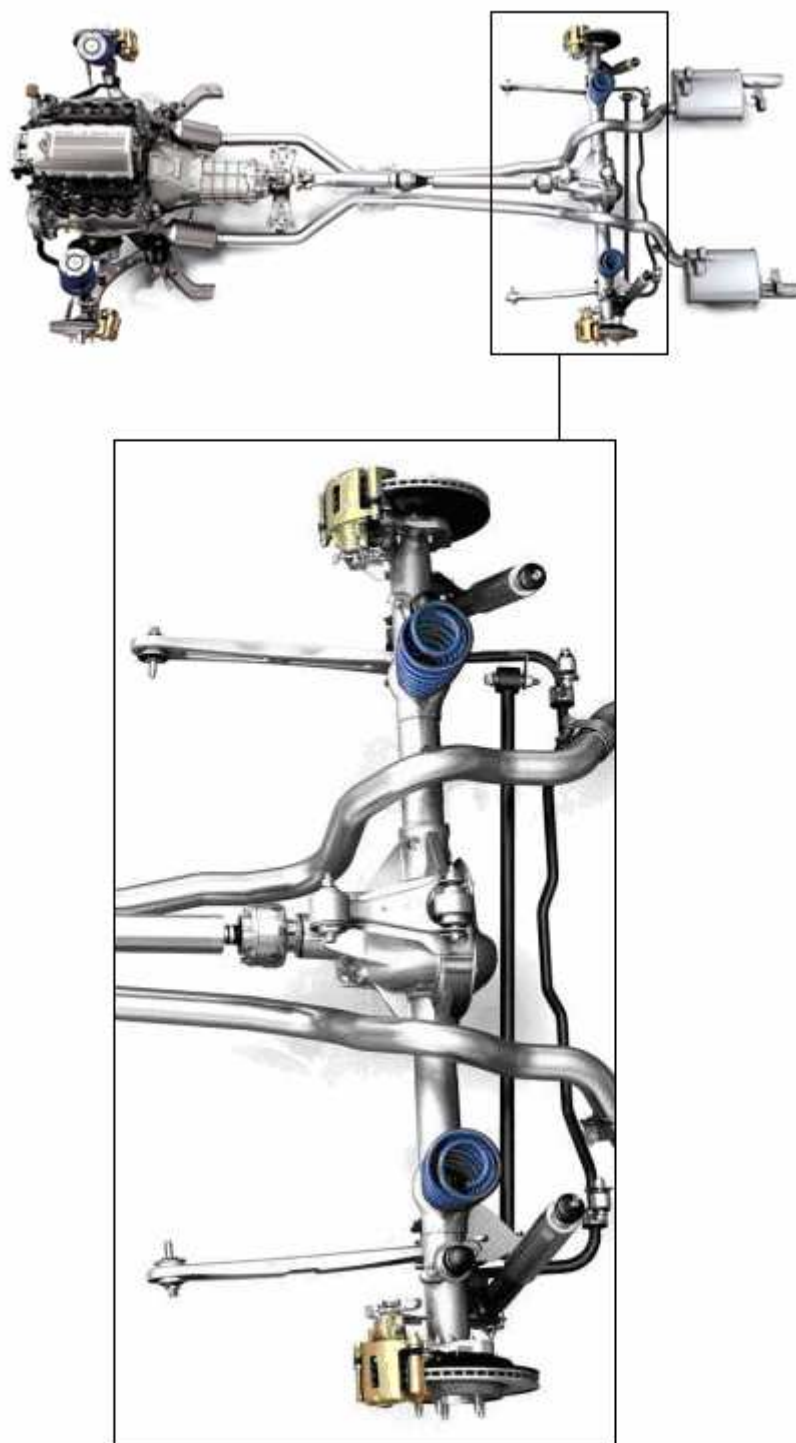
2.2.1 Zadní tuhá zadní náprava vozu Ford Mustang

K tomuto způsobu vedení tuhé nápravy se odhodlala automobilka Ford u svého posledního provedení typu Mustang a vybavila tak svůj model zadní nápravou, která se v Evropě již desítky let u osobních automobilů prakticky nepoužívá. Náprava je tedy také jistým návratem do minulosti stejně jako design tohoto amerického „muscle car„. Na



Obr. 2.2 Průhled Fordu Mustang [5]

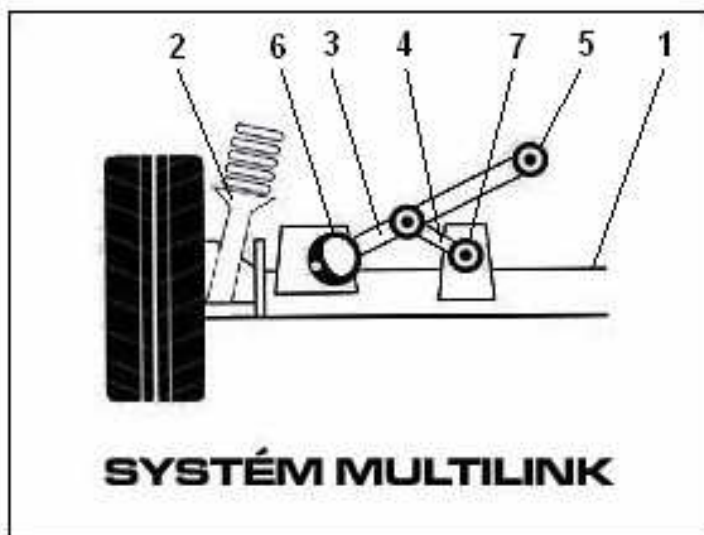
obrázku 2.3 vidíme hlavní skupiny mustangu a detail zadní nápravy. Přední náprava je typu McPherson. Zadní náprava je v podélném směru vedena dvěma vlečnými rameny, která jsou upevněna jedním koncem ke karoserii a druhým ke koncům nápravy. Třetí centrální rameno je upevněno ke karoserii a na vrchní stěnu skříňe diferenciálu. Příčně je náprava zajištěna Panhardskou tyčí, která je z důvodu snížení neodpružených částí trubkovitého průřezu. O komfortní jízdu se starají vinuté pružiny a tlumiče. Dále je náprava vybavena příčným stabilizátorem.



Obr. 2.3 Podvozek ,pohonné ústrojí a detail zadní nápravy Fordu Mustang [5]

2.2.2 Náprava Nissan Multilink vedená Scott-Russellovým mechanismem

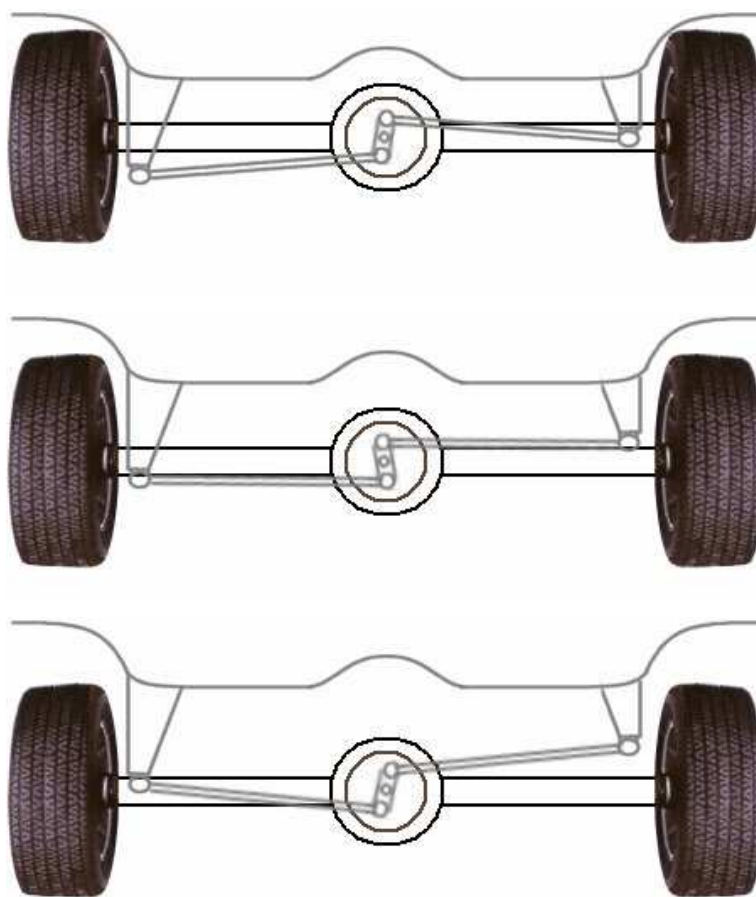
Tato náprava je použita jako zadní nepoháněná. Pomocí propracovaného mechanismu omezuje příčná vybočení nápravy, která se vyskytují při vedení nápravy Panhardskou tyčí. Zadní kola jsou spojena pomocí ocelového nosníku (1). Ten je uchycen ke karoserii pomocí dvou podélných ramen a na jeho konci jsou připevněny pružiny s tlumiči (2). Příčné vedení karoserie je zajištěno Scott-Russellovým mechanismem. Hlavními částmi mechanismu jsou příčné rameno (3) a řídící tyč (4). Příčné rameno je připevněno otočně ke karoserii (5) a k nápravě je připevněno pomocí speciálního pouzdra (6). Pouzdro je tuhé ve svislém směru ale poddajné ve směru příčném. Řídící tyč spojuje příčné rameno s nosníkem nápravy uvnitř vnějšího pouzdra (7). Při propružení se náprava pohybuje svisle a nežádoucím příčným pohybům je zabráněno právě pomocí speciálního pouzdra. Toto řešení zajišťuje přesné vedení kol. Tím je zajištěn maximální možný kontakt pneumatik s vozovkou, a tedy i zlepšení přenosu záběru. Další výhodou jsou kompaktní rozměry nápravy, jelikož příčné rameno zasahuje pouze do přibližně poloviny šířky vozu. To je samozřejmě výhodné pro větší prostor pro cestující vzadu a zavazadlový prostor.



Obr. 2.4 Schéma nápravy Nissan Multilink [16]

2.3 Vedení tuhé nápravy Wattovým přímovodem

Tento druh vedení tuhé nápravy odstraňuje nevýhodu vedení Panhardskou tyčí, kterou je příčné vybočování nápravy. Wattův přímovod je tříčlenný pětikloubový mechanismus, který se skládá ze dvou podélných tyčí, které jsou obě otočně připevněny ke karoserii v různých výškách. Každá z tyčí je na druhém konci otočně připojena k vahadlu, které je otočně spojeno s nápravou. Toto vedení nápravy se používá k ustavení tuhých náprav v příčném případně i podélném směru. Výhodou tohoto vedení nápravy je, že se při propuštění střed nápravy pohybuje stále jen ve svislém směru. Má-li být využita tato výhoda, je třeba aby byl Wattův přímovod středově souměrný. Na obrázku 2.5 vidíme funkci Wattova přímovodu ve třech polohách při propuštění. Z obrázku je zřejmý princip činnosti tohoto vedení nápravy.



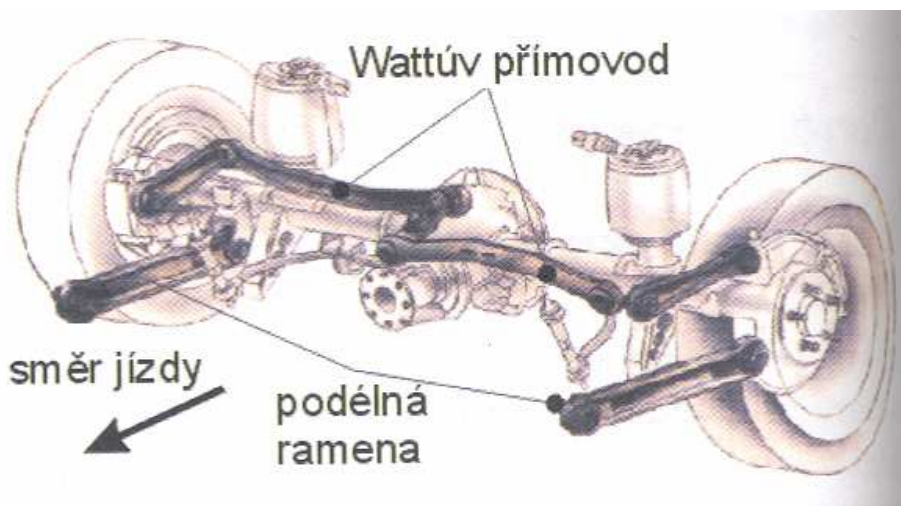
Obr. 2.5 Funkce Wattova přímovodu při propuštění [6]

2.3.1 Vedení tuhé nápravy u vozu Lincoln Town Car

Automobilka Ford je jednou z mála, která stále ve svém modelovém programu nabízí typický americký „full size,“. Tento automobil je dlouhý 5,5 metrů a jeho osmiválcový motor pohání zadní nápravu. Náprava je tuhá a je vedena v podélném směru dvěma delšími spodními rameny a dvěma kratšími horními rameny, v příčném směru pak Wattovým přímovodem. Náprava je tvořena tzv. mostovými rourami, ve kterých jsou uloženy hnací hřídele kol. Dále se skládá ze skříně rozvodovky, ve které se nachází soukolí stálého převodu a diferenciál. Tato náprava výrazně zvyšuje neodpruženou hmotu vozidla, a proto je odpružení zadní nápravy provedeno vzduchovým odpružením, které zvyšuje cestovní komfort.



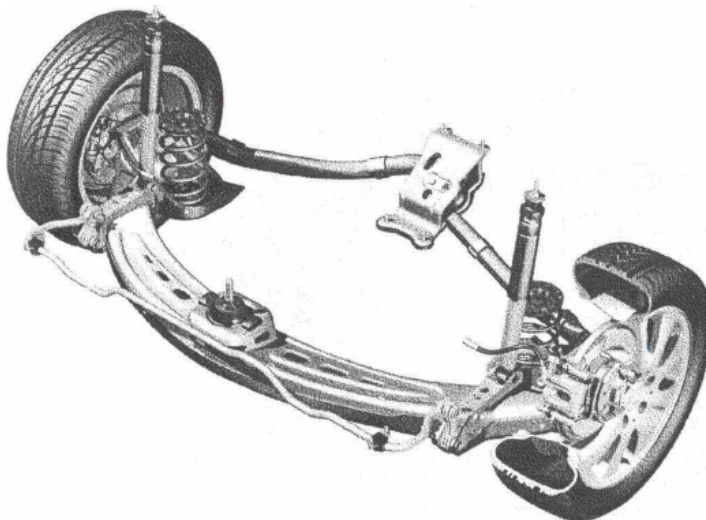
Obr. 2.6 Lincoln Town Car [7]



Obr. 2.7 Zadní náprava – Lincoln Town Car [1]

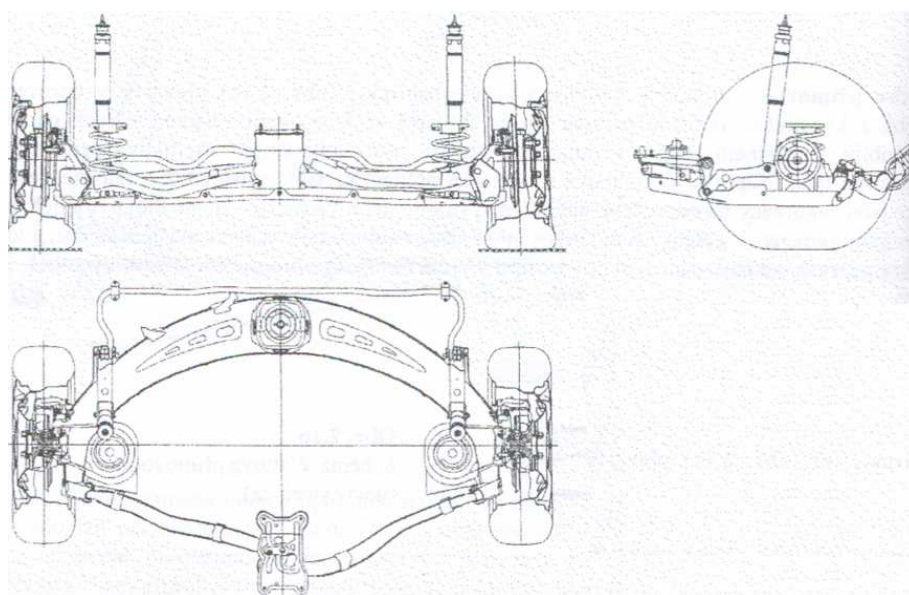
2.3.2 Tuhá parabolická náprava u Mercedesu-Benz B

Tato náprava se objevila poprvé ve voze Mercedes-Benz třídy A druhé generace. Je výsledkem práce konstruktérů, kteří museli zaručit aby se neopakovala situace, kdy se první generace třídy A převrátila při tzv. losím testu. Přitom musela náprava zajišťovat cestovní komfort odpovídající pověsti značky.



Obr. 2.8 Parabolická náprava [2]

Jde o tuhou zadní nepoháněnou nápravu, jejíž hlavní nosník je prohnutý směrem dozadu ve tvaru paraboly. Spojení se samonosnou karoserií je provedeno lůžky u kol přenášejícími tlumící a pružící síly a silentblokem uprostřed hlavního nosníku. Vedení nápravy je zajištěno modifikovaným Wattovým přímovodem. Konstrukční řešení této nápravy má za následek zmenšení naklápění vozidla při průjezdu zatáčkou.



Obr. 2.9 Pohledy nápravy – Mercedes-Benz B [2]

2.4 Náprava De-Dion

Tato náprava se používá jako zadní hnací. Důvodem k vzniku této nápravy bylo snížení neodpružené hmoty na nápravě. Toho bylo dosaženo spojením skříňe rozvodovky s rámem. Přenos točivého momentu je proveden hřídeli, z nichž každý má dva stejnoběžné klouby. Na nápravě na obrázku 2.10 vidíme další způsob, jak se snažili konstruktéři snížit neodpruženou hmotu na nápravě. Jedná se o posunutí brzdových kotoučů směrem dovnitř k rozvodovce. Toto řešení se dříve používalo u modelů značky Alfa-Romeo.



Obr. 2.10 Model nápravy De-Dion [8]

2.4.1 Zadní náprava u vozu Smart Fortwo

Smart Fortwo je dvoumístný automobil s délkou 2,6 metru. Je vhodný zejména do městského provozu. Má tříválcový motor umístěný na zadní nápravě. Náprava je prohnutá směrem dopředu a s karoserií je spojena lůžky u kol a jedním centrálním silentblokem v předním ohybu nápravy. Příčně je náprava vedena pomocí dvou příčných ramen, jak je vidět na obrázku 2.11.

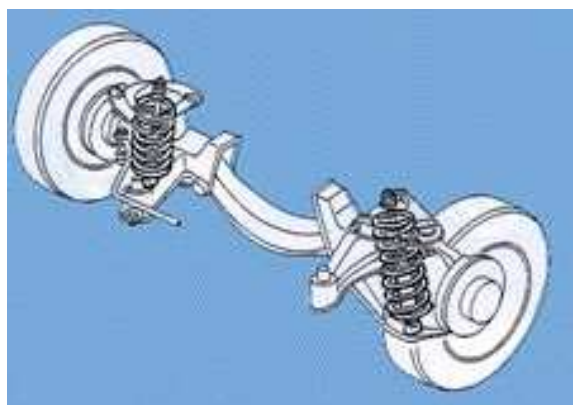


Obr. 2.11 Zadní náprava vozu Smart Fortwo [9]

3. Typy výkyvných náprav a použití u současných osobních automobilů

3.1 Lichoběžníková náprava

Lichoběžníková náprava se používá nejčastěji jako přední řídicí náprava. Může být hnaná nebo hnací. Zřídka se používá i jako zadní náprava. Hlavními částmi jsou dvě nad sebou umístěná příčná trojúhelníková ramena. Každé z ramen je připevněno ke karoserii pomocí dvou pryžových pouzder. Na druhém konci je rameno spojeno s otočným čepem kola. Horní rameno bývá



Obr. 3.1 Lichoběžníková náprava [4]

zpravidla výrazně kratší než spodní rameno. Je to proto, aby docházelo k co nejmenší změně rozchodu kol na nápravě. Pokud by totiž měla ramena stejnou délku, jednalo by se o tzv. rovnoběžníkovou nápravu. Ta se používala u prvních automobilů s nezávislým zavěšením a její nevýhodou byla právě výrazná změna rozchodu kol na nápravě při propružení. Dalším důvodem ke kratšímu hornímu ramenu je v případě umístění motoru mezi nápravou zvětšení prostoru pro motor. Nevýhodou kratšího horního ramene je mírný negativní odklon nápravy při propružení. Často bývají nad sebou umístěná ramena vůči sobě uložena šikmo. Toto řešení zmenšuje efekt předklánění (zaklánění) při brzdění (rozjezdu). Odpružení bývá provedeno vinutými pružinami, které jsou uloženy často na spodním ramenu. Zvláštní konstrukcí lichoběžníkové nápravy je uložení kulového čepu vrchního ramene nad pneumatikou a spodního kulového čepu co nejblíže do středu ráfku kola, jak je vidět na obrázku 3.2. Toto řešení posunuje osu otáčení kolem kulových kloubů co nejblíže k ose,



Obr. 3.2 Detail lichoběžníkové nápravy [3]

kolem které se natáčí kolo. Tím jsou sníženy ovládací síly a přenos rušivých sil od vozovky do řízení. Lichoběžníkové nápravy se používají u současných osobních automobilů zejména u těžších vozů nebo u sportovních vozů. Někdy bývá náprava doplněna dalším ramenem. Poté tuto nápravu řadíme již k víceprvkovým nápravám. Další využití lichoběžníkové nápravy je zejména u dodávkových automobilů, autobusů a ve formuli 1. Zajímavostí přední nápravy ve formuli 1 jsou ramena nápravy z karbonu a jejich aerodynamicky propracovaný tvar. Výhodou této nápravy je, že může být v porovnání s nápravou McPherson velmi nízká.

3.1.1 Lichoběžníková náprava Mazdy MX-5

Tento typ automobilu je novodobou legendou v kategorii kompaktních sportovních kabrioletů již od roku 1989 a zaujme mimo jiné svými vynikajícími jízdními vlastnostmi. U nejnovější generace jsou tyto vlastnosti dovedeny na vysokou úroveň díky tužší karoserii, ideálnímu rozložení hmotnosti na jednotlivé nápravy a také nové konstrukci náprav. Na obrázku 3.3 vidíme přední nepoháněnou nápravu Mazdy MX-5. Náprava je lichoběžníková a vyznačuje se výrazným snížením hmotnosti. Bylo zde použito úspor použitím hliníku na ramenech nápravy a nábojích kol. U stabilizátoru došlo ke snížení hmotnosti o 2,4 kg použitím trubkového průřezu místo plného. Na obrázku vidíme také velmi nízko uložené horní rameno nápravy. I proto se lichoběžníková náprava často používá u sportovních automobilů s nižší přední částí, protože náprava typu McPherson by byla příliš vysoká.



*Obr. 3.3 Přední lichoběžníková
náprava [11]*

3.2 Náprava McPherson

Tato náprava se používá jako přední i zadní, poháněná nebo nepoháněná. Nejčastěji se používá jako přední hnací náprava pro svou jednoduchost, cenovou výhodnost a prostorovou úspornost. Náprava McPherson vznikla dalším vývojem lichoběžníkové nápravy, kdy bylo horní rameno odstraněno a nahrazeno tlumičovou vzpěrou McPherson. Vzpěra je v podstatě náležitě dimenzovaný tlumič s pístnicí většího průměru, která je svým vrchním koncem uložena ve valivém axiálním ložisku, které je uloženo v pryžovém pouzdru a přes miskou přenáší hmotnost vozidla na pružinu. Pružina je navinuta na vodící trubce a je uložena šikmo, vůči ose tlumiče. Toto uložení nám umožňuje snížit tření v tlumiči, způsobené bočními silami. Svou spodní částí se pružina opírá o miskou, která je spojena s vnější částí tlumiče. Vzpěra je dále upevněna k těhlici náboje kola pomocí šroubů. Těmito šrouby se seřizuje odklon kola. Náboj je kulovým kloubem uchycen k spodnímu příčnému trojúhelníkovému ramenu. Rameno je poté uchyceno pomocí silentbloků k nápravnici. Osa otáčení kola je tvořena pomyslnou spojnici středu ložiska a kulového čepu. Tato spojnice tvoří také osu zatěžování pružiny. Za výhodu této nápravy lze považovat u řídicí nápravy sloučení tří funkcí do jednoho celku - náprava plní funkci odpružení, tlumení a natáčení kol.

Příklad použití nápravy McPherson na zadní nápravě vidíme na obrázku 3.6. Náprava je tvořena vzpěrou McPherson a dvěma dlouhými podélnými a jedním příčným ramenem. Oproti klikové nápravě zajišťuje tato náprava výrazně lepší jízdní vlastnosti a zabírá také méně místa, což umožňuje vytvořit např. větší palivovou nádrž. Dlouhá podélná ramena mají vliv na zmenšení odklonu kola. V tomto případě se jedná vlastně o kombinaci vzpěry McPherson s víceprvkovým zavěšením. Proto se můžeme setkat se zařazením této nápravy i mezi víceprvkové nápravy.



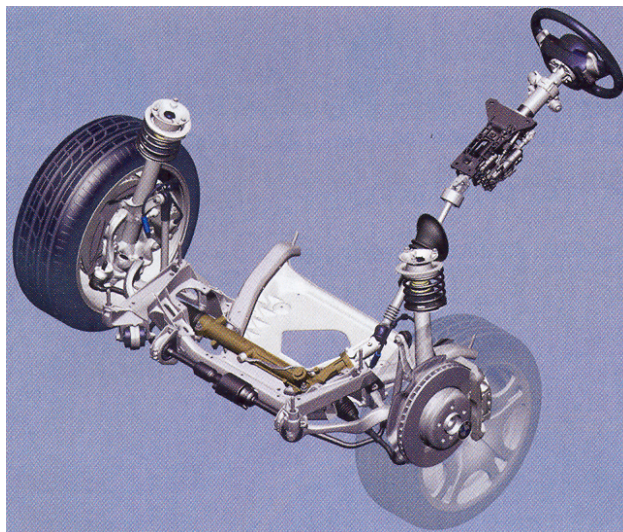
Obr.3.4 McPherson [8]



Obr. 3.5 Zadní náprava
McPherson [10]

3.2.1 Přední náprava McPherson vozu BMW 645

Špičkové jízdní vlastnosti a komfort zaručují přední nápravy na modelech automobilky BMW. Vzpěry McPherson jsou u modelu 645 umístěny co nejvíce na okraji, aby se mezi ně vlezl osmiválcový motor. Dole je náboj kola připevněn dvěma zakřivenými rameny k nápravnici. Ramena jsou hliníkovými výkovky a nápravnice je svařovaná z hliníkových plechů. Toto použití materiálu vedlo k snížení hmotnosti a neodpružených hmot. Zvláštností u této nápravy je dále systém Dynamic Drive, kdy



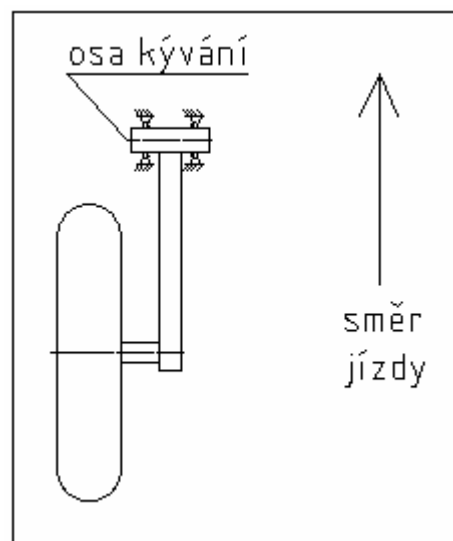
Obr. 3.6 Náprava McPherson – BMW 645 [12]

je náprava McPherson vybavena hydrodynamicky ovládaným aktivním příčným stabilizátorem. Stabilizátor je uprostřed rozdělený a jeho stabilizační funkci nahrazuje hydromotor, který spojuje obě zkrutné části. Podle impulsů z řídicí jednotky mění hydromotor tuhost a tím i stabilizační účinek stabilizátoru dle aktuálních podmínek. Tím je zaručeno minimální naklánění karoserie při průjezdu zatáčkou. V případě přímé jízdy, kdy není funkce stabilizátoru potřebná, je stabilizační účinek nulový. Nedochozí tak k ovlivňování mezi koly na nápravě při propružení.

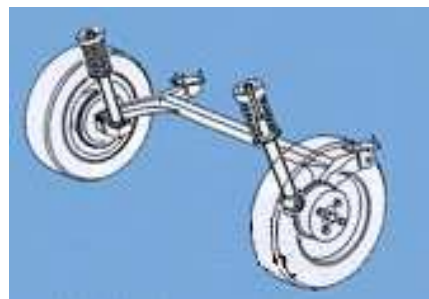
3.3 Kliková náprava

Náprava se používá jako zadní hnaná nebo hnací. U klikové nápravy se skládá s podélných ramen, která se vykyvují kolem příčné osy. Ramena jsou upevněna v karoserii přes pryžová ložiska. U této nápravy je vhodné umístit pružiny co nejbližší k ose kola, aby se snížilo svislé zatížení ložisek. Dále musí být od sebe ložiska dostatečně vzdálena, aby se zmenšilo vodorovné zatížení ložisek. Výhodou nápravy je její prostorová nenáročnost.

U dnešních osobních automobilů se používá nejčastěji kliková náprava s torzní propojovací příčkou, která je znázorněna na obrázku 3.8. Tato náprava se někdy také nazývá jako polotuhá, protože je přechodem mezi klasickou klikovou nápravou a tuhou nápravou. Podélná ramena jsou spojena příčkou, většinou s průřezem ve tvaru U, která je odolná na ohyb, ale poddajná na krut. Při stejnoběžném propnutí obou kol na nápravě se příčka nedeformuje. Při protiběžném propnutí se zkrucuje a tím nahrazuje příčný stabilizátor. Mezi další výhody klikové nápravy s torzní poddajnou příčkou patří malá změna sbíhavosti, rozchodu a odklonu kol, snadná montáž a demontáž nápravy, jednoduché upevnění pružících a tlumících jednotek a velmi málo konstrukčních dílů. Mezi její nevýhody patří vysoké namáhání torzní příčky a jejich svarů a tím menší přípustné zatížení zadní nápravy. Tento typ nápravy je nejpoužívanějším řešením u zadní nápravy malých automobilů a stále se ještě používá v nižší střední i střední třídě.



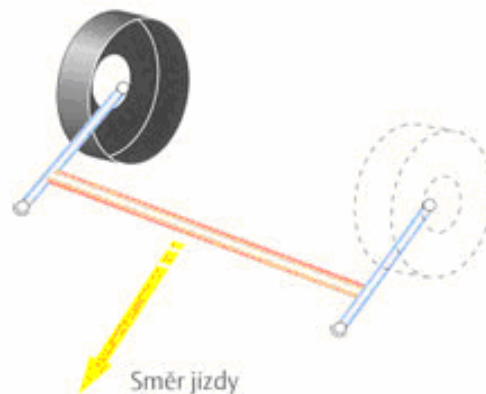
*Obr. 3.7 Schéma zavěšení
klikové nápravy*



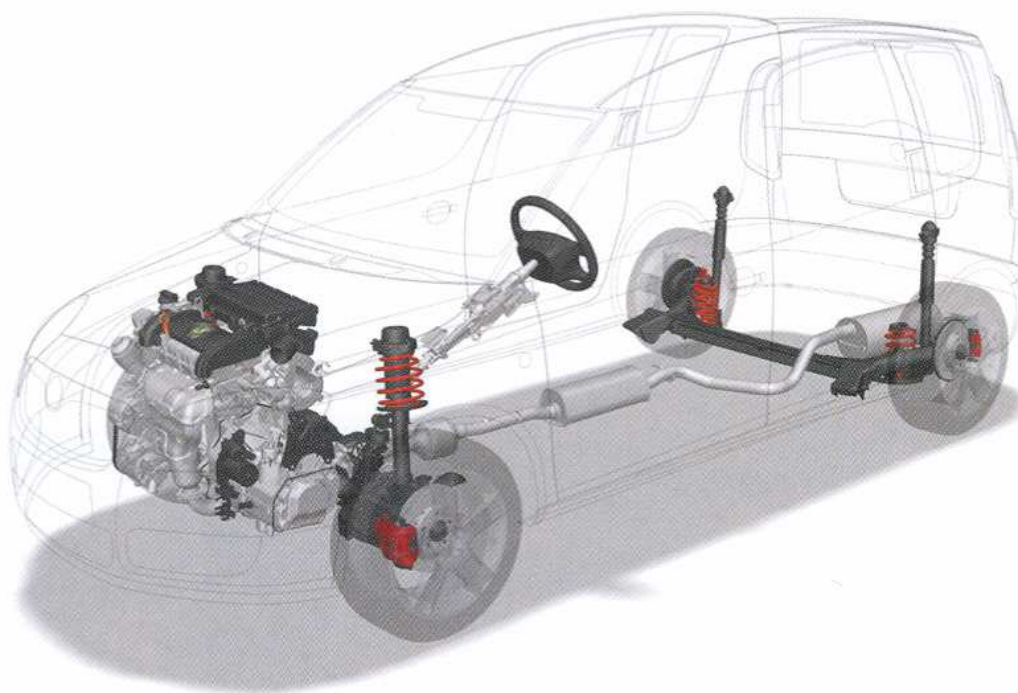
*Obr. 3.8 Kliková náprava
s torzní příčkou odpružená
vinutými pružinami [13]*

3.3.1 Kliková zadní náprava se zkrutnou příčkou vozu Škoda Roomster

Tento druh nápravy vychází z první generace Škody Octavia, která se nyní prodává pod obchodním označením Škoda Octavia Tour. Náprava se skládá ze dvou podélných ramen, která jsou uchycena do karoserie pomocí silentbloků. Zadní pružiny jsou nízké a dole se opírají o misky, které jsou přivařeny na rameno. Tlumiče jsou umístěny mimo pružiny co nejvíce naboku, což je výhodné pro širší zavazadlový prostor. Ramena jsou spojena torzně poddajnou příčkou. Příčka má tedy i funkci příčného stabilizátoru. Výhodou této nápravy je její jednoduchost a prostorová nenáročnost.



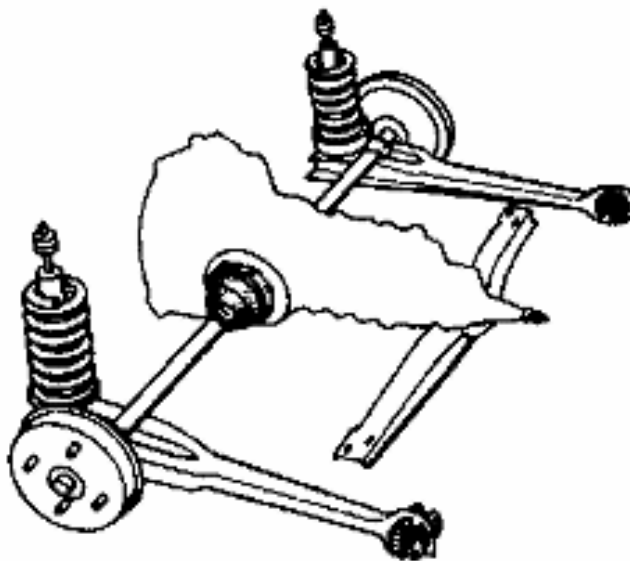
Obr. 3.9 Schéma nápravy vozu ŠkodaRoomster [17]



Obr. 3.10 Průhled vozu Škoda Roomster [14]

3.4 Kyvadlová náprava

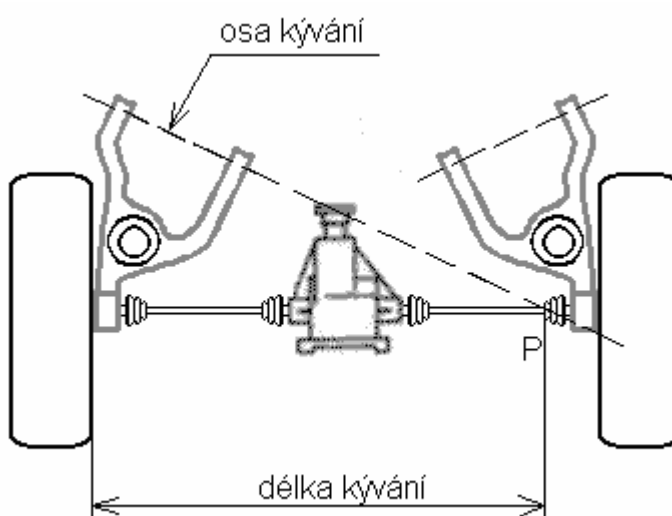
Náprava se používá jako hnací zadní náprava. Každé kolo je zavěšeno na samostatném rameni. Kyvadlové nápravy se dělí na nezkrácené a zkrácené. U nezkrácené kyvadlové nápravy vykyvuje každé rameno kolem nezkráceného středu. U zkrácené vykyvuje každé rameno kolem vlastního středu, což je méně vhodné, protože dochází při propružení k ještě větší změně rozchodu a odklonu kol než u nezkrácené. Na obrázku 3.11 je schéma zadní kyvadlové zkrácené nápravy, která se používala u vozů Škoda 105, 120. Skládá se z kyvadlových polonáprav, které jsou z ocelových trubek. K rozvodovce jsou připojeny pomocí kloubů. V podélném směru je náprava vedena dvěma podélnými rameny, které jsou ke karoserii připevněny pomocí pryžových bloků a k polonápravám pomocí pryžových vložek. Zkrácené kyvadlové nápravy se používali u vozidel klasické koncepce a zejména u vozidel s motorem umístěným za zadní nápravou například u vozů Fiat 500, Renault 4CV a dalších.



Obr.3.11 Zadní zkrácená kyvadlová náprava vozu Škoda 120 [15]

3.5 Kyvadlová úhlová náprava

Náprava se používá jako hnací zadní náprava. Kola jsou uchycena na dvou rozvidlených ramenech, která mají šikmou osu kývání (viz obrázek 3.12). Spojíme-li osu kývání s osou otáčení kola, dostaneme průsečík P. Vzdálenost mezi bodem P a kolem se nazývá délka kývání. Čím větší je tato vzdálenost, tím menší je pak změna rozchodu a odklonu kol při propružení. Délka kývání je asi stejně velká jako rozchod kol na nápravě. U kyvadlové nápravy však tato délka nemůže přesáhnout délku poloviny rozvoru. Rozvidlené rameno je spojeno na jednom konci k náboji kola a na druhém ke karoserii pomocí dvou silentbloků. Vinutá pružina je umístěna na rameni. Přenos hnacího momentu z rozvodovky je zajištěn pomocí kloubových hřídelů. Kvůli změnám vzdálenosti mezi kolem a rozvodovkou musí být zajištěno vyrovnaní délky hnacích hřídelů. Tato náprava se v dnešní době nahrazuje vyspělými víceprvkovými nápravami.



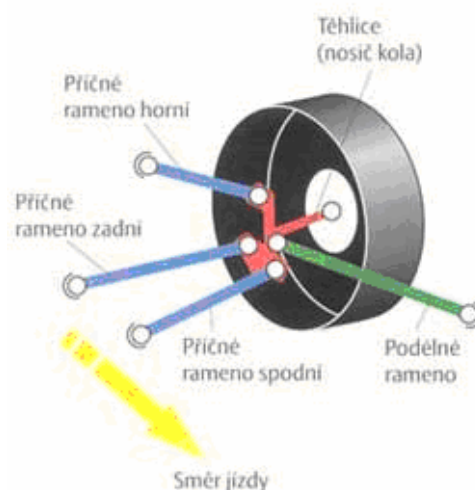
Obr.3.12 Schéma kyvadlové úhlové nápravy [18]

3.6 Víceprvková náprava

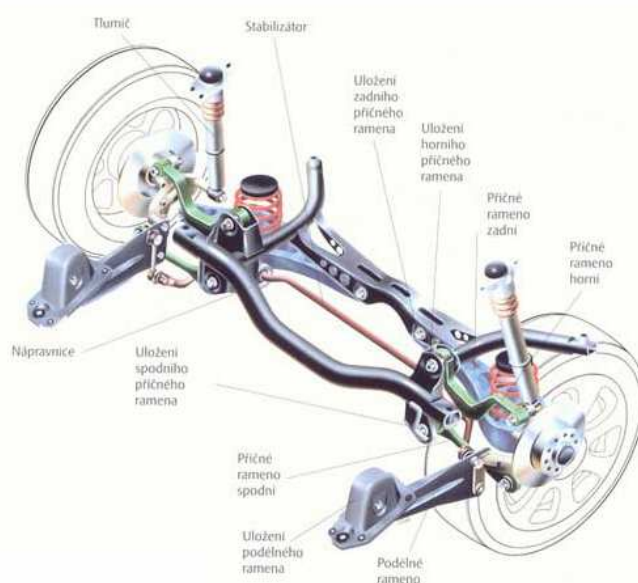
Víceprvková náprava nahrazuje dříve používané nápravy. Používá se jako přední nebo zadní, hnací nebo hnaná. Jednotlivé konstrukce mohou obsahovat různý počet příčných, podélných i šikmých ramen a dalších prvků. Tyto nápravy mají vyšší konstrukční náročnost, ale dovolují lepší možnosti naladění podvozku, jelikož lze nastavit parametry každého z ramen. Tak je ze všech náprav nejlépe splněn požadavek na přesné vedení kol a komfortní jízdu. Další výhodou nápravy je její nízká hmotnost, nízké tření, potlačení vibrací a hluku přenášovaných z vozovky a její mimořádná prostorová účinnost.

3.6.1 Víceprvková zadní náprava Škody Octavia II

Tato náprava se používá také v dalších vozech koncernu Volkswagen Group, jako jsou např. Volkswagen Golf nebo Seat Leon. Kolo je vedeno pomocí tří příčných ramen stejné délky a různého tvaru a jedním podélným vodícím ramenem. Příčná ramena jsou druhým koncem uložena na nápravnici, podélná ramena v karoserii. Díky tomu bylo dosaženo u automobilů s touto nápravou vynikajících jízdních vlastností a jízdního pohodlí. Tři příčná ramena zachycují působení bočních sil. Vzhledem k vhodné délce těchto ramen, jejich umístění a tuhosti je kolo při zatížení boční silou udržováno v optimálním postavení vůči vozovce. To má pozitivní vliv na chování vozidla při průjezdu zatáčkou. Podélné rameno je navrženo tak, aby podporovalo tzv. protipředkláněcí účinek, tzn. že omezuje předklánění karoserie při brzdění. Toho je dosaženo umístěním lůžka v karoserii co nejvýše. Snížení naklápění karoserie v zatáčkách je zajištěno příčným stabilizátorem. Vzhledem k uložení tlumičů šikmo a vně pružin bylo možno vytvořit široký zavazadlový prostor.



Obr.3.13 Schéma víceprvkové zadní nápravy vozu Škoda Octavia II [17]



Obr.3.14 Zadní náprava vozu Škoda Octavia II [17]

Výhody a nevýhody nové víceprvkové nápravy Octavie II oproti klikové nápravě v Octavii:

Výhody:

- optimální postavení kol vůči vozovce a tím pádem lepší přenos sil mezi kolem a vozovkou
- závěsy jednotlivých kol nejsou s výjimkou stabilizátoru nijak propojeny, a nejsou tak vzájemně ovlivňovány
- z výše uvedeného vyplývá vyšší jízdní komfort a lepší jízdní vlastnosti

Nevýhody:

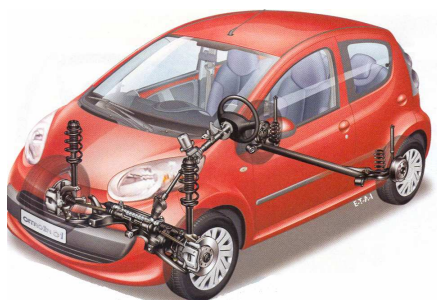
- složitější konstrukce
- vyšší servisní náklady

4. Přehled jednotlivých značek a vozů a druhu použitých náprav

Následující přehled byl vytvořen dle katalogu [21]. Jsou zde uvedeni jen někteří zástupci z jednotlivých tříd. U každého jsou uvedeny základní údaje o pohonu, nápravách a rozměrech základních verzí jednotlivých modelů.

4.1 Kategorie mini vozů

Automobily z této kategorie se využívají zejména v městském provozu. Zde se osvědčí jejich malé rozměry, jejichž délka většinou nepřesahuje 3,5 metru. Většina modelů z této kategorie používá na přední nápravě nápravu McPherson a na zadní klikovou nápravu s torzně poddajnou příčkou. Existují však i výjimky: viz tabulka 1.



Obr.4.1 Citroen C1 je typickým představitelem dnešního miniautomobilu s poháněnou přední nápravou. Poháněná náprava je typu McPherson. Zadní hnaná je kliková s torzně poddajnou příčkou. [14]

Značka	Model	Poháněná náprava	Přední náprava	Zadní náprava	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]
Chevrolet	Spark	přední	McPherson	kliková	3495	1495	1500
Citroen	C1	přední	McPherson	kliková	3435	1630	1465
Fiat	500	přední	McPherson	kliková	3546	1627	1488
Renault	Twingo	přední	McPherson	kliková	3601	1640	1472
Smart	ForTwo	zadní	McPherson	De-Dion	2695	1515	1550

Tabulka 1

4.2 Kategorie malých vozů

Typický představitel této kategorie se dnes již blíží svou délkou k hranici 4 metrů. Stejně jako ve většině kategorií je i zde jasně vidět trend zvětšování vnějších rozměrů. To se dá přičítat také vyšším nárokům na pasivní bezpečnost, kdy je potřeba i u malých automobilů vytvořit odpovídající deformační zóny. I v této kategorii se používá nejčastěji McPherson na přední a kliková náprava na zadní nápravě.



Obr.4.2 Průhled vozem Peugeot 207 [20]

Značka	Model	Poháněná náprava	Přední náprava	Zadní náprava	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]
Citroen	C3	přední	McPherson	kliková	3850	1667	1519
Fiat	Grande Punto	přední	McPherson	kliková	4030	1687	1490
Ford	Fiesta	přední	McPherson	kliková	3918	1685	1429
Mazda	2	přední	McPherson	kliková	3885	1695	1475
Škoda	Fabia	přední	McPherson	kliková	3992	1642	1498
Toyota	Yaris	přední	McPherson	kliková	3750	1695	1530

Tabulka 2

4.3 Kategorie nižší střední třídy

Tato kategorie se také nazývá kategorií kompaktních automobilů. Často bývá jako její typický představitel uváděn Volkswagen Golf. Vývoj náprav prožil v této kategorii v posledních letech revoluci. Zatímco na přední nápravě se nejčastěji používá náprava McPherson, zadní náprava je stále častěji víceprvková.

Značka	Model	Poháněná náprava	Přední náprava	Zadní náprava	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]
Alfa Romeo	147	přední	lichoběžníková	McPherson	4170	1729	1442
Audi	A3	přední	McPherson	víceprvková	4203	1765	1421
Citroen	C4	přední	McPherson	kliková	4260	1773	1458
Fiat	Bravo	přední	McPherson	kliková	4336	1792	1498
Ford	Focus	přední	McPherson	víceprvková	4337	1839	1500
Honda	Civic	přední	McPherson	kliková	4245	1765	1460
Peugeot	308	přední	McPherson	kliková	4276	1815	1430
Opel	Astra	přední	McPherson	kliková	4249	1753	1460
Seat	Leon	přední	McPherson	víceprvková	4315	1768	1458
Volkswagen	Golf	přední	McPherson	víceprvková	4204	1759	1485

Tabulka 3

4.4 Kategorie střední třídy

I v této kategorii lze pozorovat výrazný nárůst vnějších rozměrů vozů a časté používání víceprvkových náprav.

Značka	Model	Poháněná náprava	Přední náprava	Zadní náprava	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]
Audi	A4	přední	víceprvková	víceprvková	4703	1826	1427
BMW	3	zadní	McPherson	víceprvková	4520	1817	1421
Ford	Mondeo	přední	McPherson	víceprvková	4778	1886	1500
Mazda	6	přední	lichoběžníková	víceprvková	4755	1795	1440
Mercedes-Benz	C	zadní	víceprvková	víceprvková	4581	1770	1447
Opel	Vectra	přední	McPherson	víceprvková	4611	1798	1460
Renault	Laguna	přední	McPherson	kliková	4695	1811	1445
Volkswagen	Passat	přední	McPherson	víceprvková	4765	1820	1472

Tabulka 4

4.5 Kategorie nejvyšší třídy

Právě v této kategorii se objevilo víceprvkové zavěšení již v osmdesátých letech. Poté se postupně rozšířilo i do nižších kategorií.

Značka	Model	Poháněná náprava	Přední náprava	Zadní náprava	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]
Audi	A6	přední	víceprvková	víceprvková	4916	1855	1459
Audi	A8	přední	víceprvková	víceprvková	5051	1894	1444
BMW	5	zadní	McPherson	víceprvková	4841	1846	1468
BMW	7	zadní	McPherson	víceprvková	5029	1902	1492
Mercedes	E	zadní	víceprvková	víceprvková	4856	1822	1483
Mercedes	S	zadní	víceprvková	víceprvková	5076	1871	1473
Honda	Legend	obě nápravy	lichoběžníková	víceprvková	4955	1845	1450
Peugeot	607	přední	McPherson	lichoběžníková	4871	1835	1460

Tabulka 5

Závěr

Nápravy u současných osobních automobilů jsou neustále vyvíjeny. Dnešní automobilový konstruktér musí navrhnout nápravu tak, aby splňovala všechny potřebné požadavky na moderní nápravu. Náprava musí zajišťovat bezpečné jízdní vlastnosti a pohodlí cestujícím v automobilu. Bezpečné jízdní vlastnosti splňuje ta náprava, která má stálé chování i při ostrých průjezdech zatáčkou, při překonávání nerovností na vozovce a při dalších situacích které mohou na silničních komunikacích nastat. Moderní nápravy jsou však schopny vyhovět jak těmto požadavkům, tak i požadavku na jízdní komfort, a to bez kompromisů. To je umožněno zejména použitím víceprvkových náprav, které mají navrženu tu nejvhodnější kombinaci jednotlivých ramen. Víceprvkové nápravy jsou stále rozšířenější zejména při použití na zadní nápravě, a to i přes jejich vyšší konstrukční náročnost a vyšší cenu.

Na přední nápravě se nejčastěji používá náprava typu McPherson, která je nejvhodnější pro automobily s předním náhonem. Přední náprava McPherson totiž vyniká svou kompaktností, kdy slučuje v tomto případě tři funkce, kterými jsou odpružení, tlumení a natáčení kol.

V blízké budoucnosti bude zajímavé sledovat, zda dojde k rozšiřování nabídky automobilů z víceprvkovými nápravami i do nejnižších tříd, nebo zda se tento trend zpomalí z důvodu poptávky po levnějších vozech s jednoduššími nápravami.

Seznam použitých zdrojů

- [1] JAN, Z. – ŽDÁNSKÝ, B., *Automobily I Podvozky*, 2. vydání, Brno: Avid s.r.o., 2001
- [2] VLK, F., *Podvozky motorových vozidel*, 3. vydání, Brno: František Vlk, 2006
- [3] *Kfz-tech.de, Doppel-Querlenker I*, [cit. 2008-04-16]
URL: < <http://www.kfz-tech.de/Doppel-Querlenker-Radaufhaengung.htm>>
- [4] *Monroe, Zavěšení předních kol*, [cit. 2008-04-09]
URL: < http://www.tlumaticmonroe.cz/index.php?loc=zaves_predni>
- [5] *Modern Racer, Ford Mustang GT(2005), Old school muscle*, [cit. 2008-04-15]
URL: <<http://www.modernracer.com/features/carcutawayfordmustanggt.html>>
- [6] *Kfz-tech.de, Wattgestänge*, [cit. 2008-04-16]
URL: <<http://www.kfz-tech.de/StarrachseW.htm>>
- [7] *The Truth About Cars, Lincoln Town Car Review*, [cit. 2008-04-16]
URL: < <http://www.thetruthaboutcars.com/lincoln-town-car/>>
- [8] *Carbibles.com, The suspension bible*, [cit. 2008-05-07]
URL: <http://www.carbibles.com/suspension_bible.html>
- [9] *Moje.auto.cz, Smart Fortwo Coupe*, [cit. 2008-05-17]
URL: <<http://moje.auto.cz/Smart/mazlik-1.html>>
- [10] *Kfz-tech.de, Federbein-Querlenker*, [cit. 2008-04-21]
URL: <<http://www.kfz-tech.de/Federbein-Querlenker-Radaufhaengung.htm>>
- [11] *Auto.cz, Mazda MX-5: Technika podrobně*, [cit. 2008-04-15]
URL:< <http://news.auto.cz/aktuality/mazda-mx-5-technika-podrobne.html>>
- [12] *Automobil Revue. Č. 2 (únor 2005)*. Praha: Bussines Media CZ, s.r.o., 2005. Vychází měsíčně.
- [13] *Monroe, Zavěšení zadních kol*, [cit. 2008-04-09]
URL: <http://www.tlumaticmonroe.cz/index.php?loc=zaves_zadni>
- [14] *Automobil Revue. Č. 7 (červenec 2006)*. Praha: Bussines Media CZ, s.r.o., 2006. Vychází měsíčně.
- [15] *Škoda techweb, Zadní náprava vozidel Škoda 105-136*, [cit. 2008-05-04]
URL:< <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=219>>
- [16] *Nissan Roto, Systém Multilink – přesné vedení kol*, [cit. 2008-05-04]
URL: < <http://www.roto.cz/zajimavosti/index.php?id=8>>

[17] *Ben Car, Zadní náprava vozu Octavia*, [cit. 2008-04-02]

URL: <<http://www.pvtnet.cz/www/autocentrum/navody61.htm>>

[18] *Kfz-tech.de, Schräglenker*, [cit. 2008-04-05]

URL: <<http://www.kfz-tech.de/Schraeglenker-Radaufhaengung.htm>>

[19] *Automobil Revue. Č. 7* (červenec 2005). Praha: Bussines Media CZ, s.r.o., 2005.

AutomobilRevue 7/2005

[20] *Automobil Revue. Č. 6* (červenec 2006). Praha: Bussines Media CZ, s.r.o., 2006.

Vychází měsíčně.

[21] *Auto.cz, Přehled dle značky*, [cit. 2008-05-15]

URL: <<http://www.auto.cz/>>